

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA OBRÁBĚNÍ A MONTÁŽE

Zefektivnění opracování válců pro kalibraci.

Streamlining the Working Cylinder for Calibration.

Student: Bc. Daniel Skokan

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kratochvíl Jiří, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Skokan**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Zefektivnění opracování válců pro kalibraci**
Streamlining the Working Cylinder for Calibration

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávajícího postupu výroby.
3. Návrh nového postupu výroby.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. 5. 2012


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. 5. 2012



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Daniel Skokan

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lípová 323

Český Těšín- Mosty

735 62

ANOTACE BAKALAŘSKÉ PRÁCE

SKOKAN, D. *Zefektivnění opracování válců pro kalibraci*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB-TUO, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 51s. Vedoucí práce Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Předložená diplomová práce se zabývá zefektivněním výroby vybrané součásti, kterou je válec sloužící ke kalibraci. Cílem je navrhnout, porovnat a vybrat VBD, která v experimentálním měření projevila největší trvanlivost. Materiálem polotovaru je speciální modulární litina s tvrdostí až 500HB. První část diplomové práce popisuje řezné materiály a stávající technologický postup výroby. V druhé části je pak popsáno a následně zhodnoceno experimentální měření s doporučenými závěry.

ANNOTATION OF THESIS

SKOKAN, D. *Streamlining the Working Cylinder for Calibration*. Ostrava, 2012. Diploma thesis. VŠB-TUO, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly. Thesis head Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

The diploma thesis is about making production of selected part more efficient, it is about roller, which we use for calibration. My aim of the diploma thesis is project, compare and choose exchangeable cutting plate, which is in experimental measurement shows the best durability. Material of semi-finished product is special modular cast iron with hardness up 500HB. The first part of my diploma thesis describes cutter materials and existing technological process manufacturing. In the second part experimental measurement is described and after is evaluated with suggested conclusion.

OBSAH

1.	ÚVOD.....	9
2.	STROJÍRNY TŘINEC, A.S.....	10
3.	ŘEZNÉ MATERIÁLY	11
3.1	HLAVNÍ POŽADAVKY NA ŘEZNÉ MATERIÁLY	12
3.2	ROZDĚLENÍ ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ DLE ISO.....	15
3.3	ŘEZNÉ NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	16
3.4	TRVANLIVOST A ŽIVOTNOST NÁSTROJŮ.....	17
4.	SOUSTRUŽNICKÉ CENTRUM SKIQ 16 CNC	18
5.	MATERIÁL.....	20
6.	POPIS STÁVAJÍCÍHO POSTUPU VÝROBY	21
7.	NÁVRH NOVÝCH ŘEZNÝCH PODMÍNEK A MATERIÁLU.....	24
7.1	POPIS EXPERIMENTU	24
7.2	ŘEZNÉ PODMÍNKY	27
7.3	VÝSLEDKY EXPERIMENTU	29
8.	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	32
8.1	POROVNÁVÁNÍ NOREM SPOTŘEBY ČASŮ (NSČ)	32
8.1.1	<i>Stanovení jednotkového strojního času NSČ nového cyklu.....</i>	<i>32</i>
8.1.2	<i>Stanovení normy času výroby jednoho kusu.....</i>	<i>33</i>
8.1.3	<i>Stanovení norem času pro výrobní dávku.....</i>	<i>35</i>
8.1.4	<i>Stanovení normy roční spotřeby času.....</i>	<i>36</i>
8.2	POROVNÁNÍ OPERATIVNÍCH KALKULACÍ VÝROBY (OKV).....	37
8.2.1	<i>Náklady na výrobu jednoho kusu</i>	<i>38</i>
8.2.2	<i>Náklady na výrobní dávku</i>	<i>39</i>
8.2.3	<i>Náklady na roční výrobu</i>	<i>40</i>
8.2.4	<i>Nadprodukce</i>	<i>40</i>
8.2.5	<i>Náklady na jeden kilogram</i>	<i>41</i>
8.3	NÁKLADY NA NÁSTROJE	42
8.4	VYHODNOCENÍ ZÁKLADNÍCH EKONOMICKÝCH UKAZATELŮ.....	47
9.	ZÁVĚR A DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	48
10.	POUŽITÉ ZDROJE.....	50

Seznam použitých symbolů a značek

ZNAČKA	POPIS	JEDNOTKA
C_{Arno}	cena VBD firmy Arno	[Kč]
CBN	kubický nitrid boru	[-]
C_{Iscar}	cena stávající VBD firmy Iscar	[Kč]
$C_{Sandvik}$	cena VBD firmy Sandvik	[Kč]
C_{Seco}	cena VBD firmy Seco	[Kč]
D_{max}	největší průměr obrobku	[mm]
HB	tvrdost podle Brinella	[-]
H_{max}	největší výška obrobku	[mm]
HSS	rychlořezná ocel	[-]
N_{Arno}	roční náklady na nástroje firmy Arno	[Kč]
N_{Iscar}	roční náklady na nástroje firmy Iscar	[Kč]
N_{JKN}	nové náklady na výrobu jednoho kusu	[Kč]
N_{JKS}	stávající náklady na výrobu jednoho kusu	[Kč]
N_{RVN}	nové roční náklady na výrobu válců	[Kč]
N_{RVS}	stávající roční náklady na výrobu válců	[Kč]
$N_{Sandvik}$	roční náklady na nástroje firmy Sandvik	[Kč]
N_{Seco}	roční náklady na nástroje firmy Seco	[Kč]
N_{Stroj}	strojní výrobní náklady	[Kč]
N_V	hodinové výrobní náklady	[Kč]
N_{VDN}	nové náklady na výrobu jedné VD	[Kč]
N_{VDS}	stávající náklady na výrobu jedné VD	[Kč]
PCD	syntetický diamant	[-]
PD	počet výrobních dávek za rok	[ks]
Q	roční objem výroby válců	[ks]
SK	slinutý karbid	[-]
T_{Arno}	trvanlivost řezného materiálu firmy Arno	[min]
T_{Iscar}	trvanlivost řezného materiálu firmy Iscar	[min]
$T_{Sandvik}$	trvanlivost řezného materiálu firmy Sandvik	[min]
T_{Seco}	trvanlivost řezného materiálu firmy Seco	[min]
U_{Arno}	roční úspora na nástrojích od firmy Arno	[Kč]
U_{NJK}	úspora nákladů na výrobu jednoho kusu	[Kč]
U_{nkg}	úspora nákladů na jeden kilogram válce	[Kč]
U_{Np}	roční úspora nadprodukce	[Kč]
U_{NRV}	úspora ročních nákladů na výrobu válců	[Kč]

ZNAČKA	POPIS	JEDNOTKA
U_{NVD}	úspora nákladů na výrobu VD	[Kč]
U_R	procentuální roční úspora	[%]
$U_{Sandvik}$	roční úspora na nástrojích od firmy Sandvik	[Kč]
U_{Seco}	roční úspora na nástrojích od firmy Seco	[Kč]
U_{tAC}	úspora strojního času	[min]
U_{tJK}	úspora času výroby jednoho kusu	[min]
U_{tR}	úspora času výroby roční výrobní dávky	[hod]
U_{tVD}	úspora času výroby jedné výrobní dávky	[hod]
VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]
VD	výrobní dávka	[ks]
VD_{Min}	minimální výrobní dávka	[ks]
\check{Z}_{Arno}	životnost VBD firmy Arno	[min]
\check{Z}_{Iscar}	životnost VBD firmy Iscar	[min]
$\check{Z}_{Sandvik}$	životnost VBD firmy Sandvik	[min]
\check{Z}_{Seco}	životnost VBD firmy Seco	[min]
a_p	hloubka řezu	[mm]
f	posuv	[mm]
k_{pz}	součinitel max. přípustných seřizovacích ztrát	[-]
$k_{SČ}$	koeficient směnového času	[-]
m	čistá hmotnost výrobku	[kg]
m_{max}	maximální hmotnost obrobku	[t]
q	počet použitelných ostří VBD	[ks]
t_{AC}	jednotkový strojní čas	[min]
t_{ACS}	stávající strojní čas	[min]
t_{BC}	čas dávkový s podílem času směnového	[min]
t_{JKN}	nový výrobní čas jednoho kusu	[min]
t_{JKN}	nový výrobní čas jednoho kusu	[min]
t_{JKS}	stávající výrobní čas jednoho kusu	[min]
t_{NC}	čas nového cyklu obrábění	[min]
t_{PN}	čas práce nástroje při nových řezných podmínkách	[min]
t_{PS}	čas práce nástroje Iscar při stávajících podmínkách	[min]
t_{RVN}	nový výrobní čas jedné roční série	[hod]
t_{RVS}	stávající výrobní čas jedné roční série	[hod]
t_{VDN}	nový výrobní čas jedné výrobní dávky	[hod]
t_{VDS}	stávající výrobní čas jedné výrobní dávky	[hod]
v_c	řezná rychlost	[m·min ⁻¹]

1. Úvod

Cílem každého výrobního podniku je dosáhnout co největšího zisku s minimálními náklady. Proto mají tyto podniky snahu zefektivňovat výrobu svých výrobků. Zefektivnění výroby, v první řadě znamená dosažení co největšího užitku z výrobních možností podniku. Ekonomika takového výrobního podniku je samozřejmě závislá na velikosti zisku ze svých investic. Pokud investujeme do výroby, nutně z finančního hlediska potřebujeme z této investice dostat zpět vložené prostředky a zisk ve formě peněz, které lze dále investovat. Důležitou součástí ekonomiky v podniku je sledování výše nákladů.

Pro strojírenský výrobní podnik je důležitým prostředkem řezný nástroj. Jak praví staré přísloví „čas jsou peníze“ a proto řezný nástroj, který pomáhá zkracovat výrobní časy, zvyšuje zisk. Investice do jeho pořízení musí být vhodně uvážena. Nekupovat zbytečně drahý a nevyužívaný nástroj nebo na druhou stranu levný a snadno opotřebovatelný s nízkou trvanlivostí. Opotřebení jako jeden s faktorů ovlivňuje volbu při nákupu.

Použitím vyšších řezných rychlostí a posuvů, ale také pomocí nových a kvalitních řezných nástrojů lze dosáhnout zvýšení produktivity obrábění až o 60 %. S přihlédnutím k ceně a kvalitě výrobků a při očekávaném vývoji lze předpokládat, že se modernizace řezných nástrojů projeví na snížení celkové ceny výrobku, a to takto: [13]

- při zvýšení trvanlivosti nástroje o 50% se sníží celková cena výrobku o 1%,
- při snížení ceny nástrojů o 30% se sníží celková cena výrobku o 1%,
- při zvýšení řezné a posuvové rychlosti o 20% by mohla celková cena výrobku klesnout až o 15%.

Z výše uvedených čísel je patrné, že předpokladem úspěšné modernizace procesu obrábění je nejen výkonný a spolehlivý řezný nástroj, ale také výkonný a spolehlivý obráběcí stroj.

2. Strojírny Třinec, a.s.

Strojírny Třinec, a.s. jsou stoprocentní dceřinou akciovou společností TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a.s. s dlouholetou tradicí výroby jak je možné vidět v tab. 2.1. Tradicí výroby firmy jsou od strojírenských výrobků (např.: strojní součásti, ocelové konstrukce, technologické celky, zařízení pro hutní provozy, hutní válce) až po upevňovací prvky železničního svršku. [2]

Základ společnosti tvoří tři výrobní provozy: [2]

- Mechanické dílny (BM)
- Soustružna válců (BS)
- Drobné kolejivo (BD)

Součástí firmy je i samostatný útvar Konstrukce a vývoje.

Společnost Strojírny Třinec, a.s. je zapsaná v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Ostravě, oddíl B, vložka 1570. Je také členem Národního strojírenského klastru.

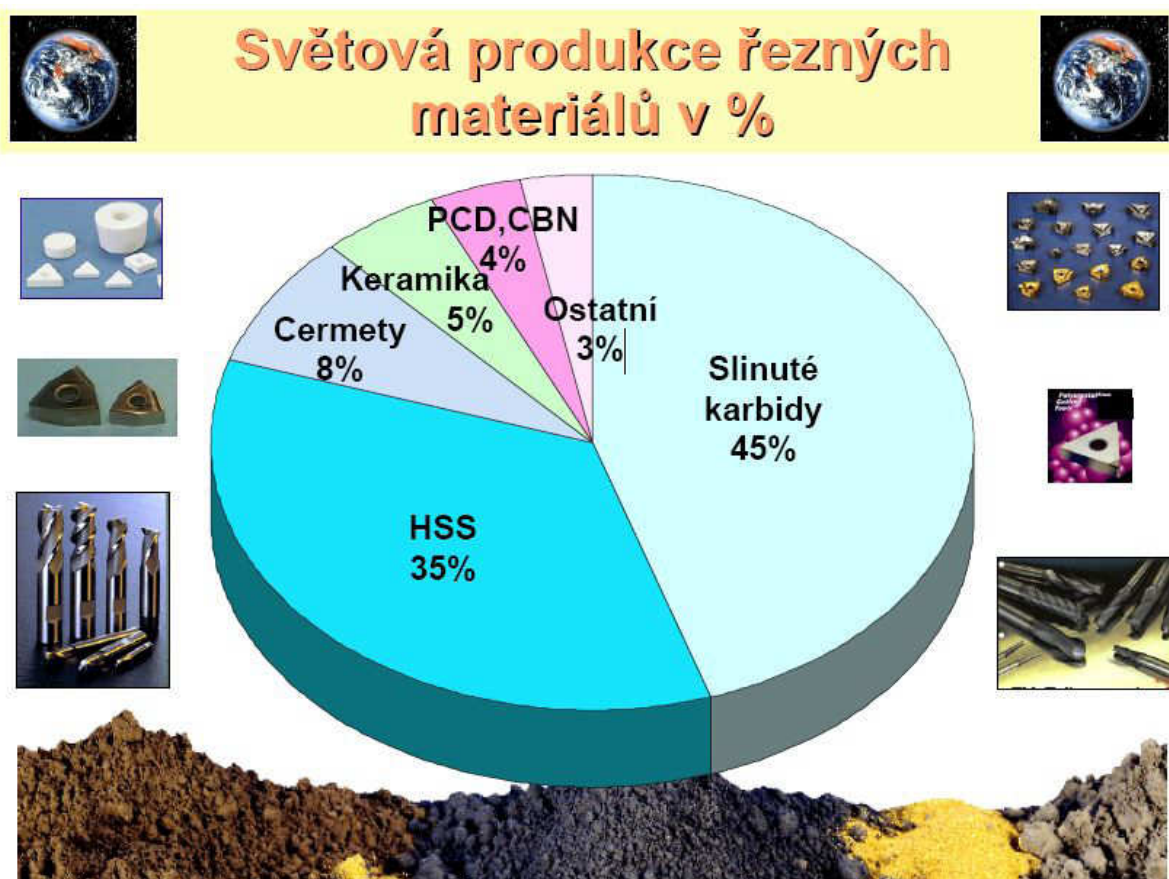
Strategie firmy je zaměřena na zajištění dynamického rozvoje společnosti a zkvalitňování služeb zákazníkům s cílem stát se evropsky vnímanou firmou s dlouhodobou prosperitou. Tato strategie je naplňována cestou zefektivňování všech firemních procesů. [3]

Tab. 2.1 Stručná historie [1]

ROK	POPIS
1885	Vybudovány Mechanické dílny jako údržba pro všechny provozy
1991	Vznik Divize D3- Strojírenská výroba
1997	Vznik TŽ- strojírenská výroba, a.s., jako dceřiná společnost TŽ, a.s.
2005	Změna názvu z TŽ- strojírenská výroba, a.s. na Strojírny Třinec, a.s.

3. Řezné materiály

V dnešní době klademe největší důraz na kratší výrobní čas a vyšší jakost výrobku. Na celkový výrobní čas při obrábění mají největší vliv řezné podmínky, proto dochází k jejich úpravě a hledání co nejvhodnějšího řezného materiálu.

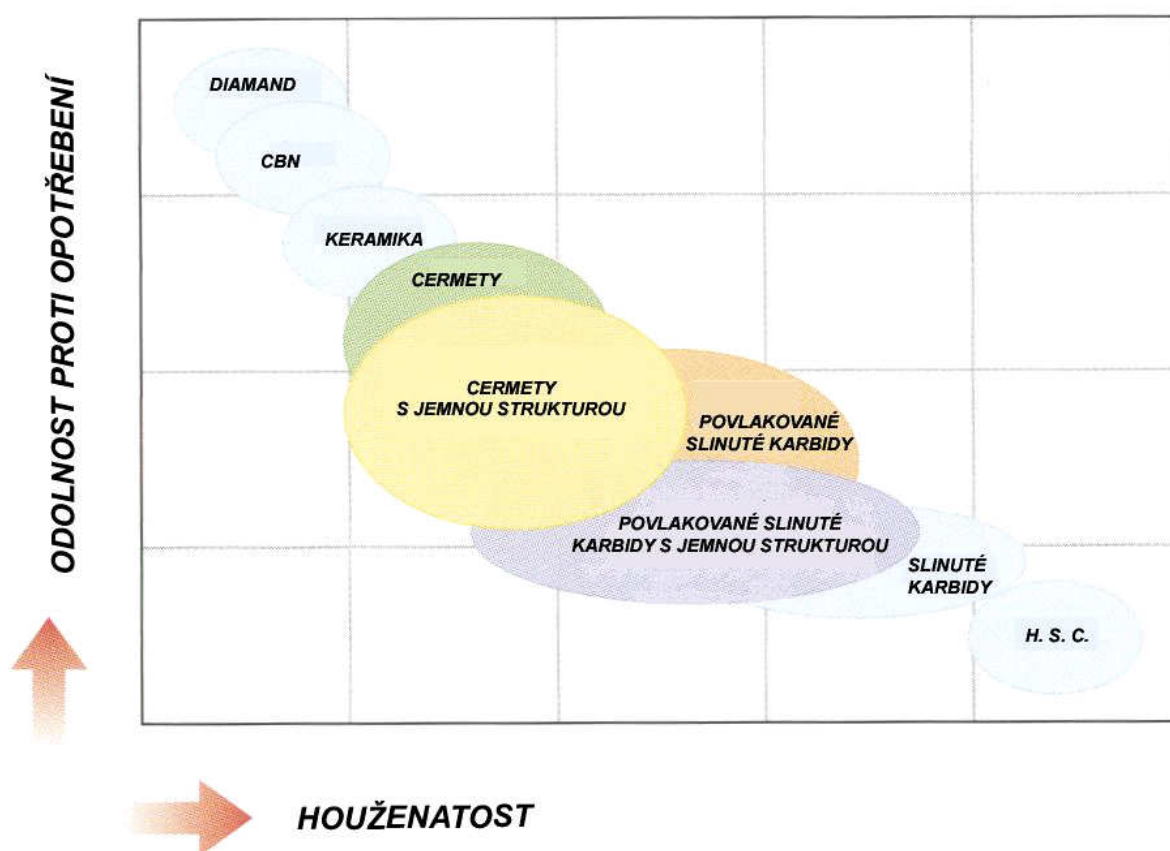


Obr. 3.1 Světová procentuální produkce řezných materiálů [4]

Jak je vidět na obrázku 3.1 dominantní postavení v obrábění zaujímá celosvětově slinutý karbid. Je to dáno všestranným použitím tohoto řezného materiálu. Další v pořadí (co se produkce týče) je rychlořezná ocel pro svou velmi vysokou houževnatost, jak dokládá obr. 3.2. Řezná keramika je používána v oblastech, kde nelze produktivně využít slinutý karbid. [4]

3.1 Hlavní požadavky na řezné materiály

- **Odolnost proti opotřebení.** Je schopnost řezného materiálu odolávat otěru a tření, které způsobuje řezání.
- **Houževnatost nástrojového materiálu.** Je schopnost bez porušení nebo vylomení absorbovat síly vzniklé při řezání. Vyšší nároky na obrábění tvrdých materiálů vyžadují vyšší houževnatost nástrojového materiálu, ale zároveň je potřeba, aby řezný materiál měl dostatečnou tvrdost, která by zajišťovala odolnost proti opotřebení. [4]

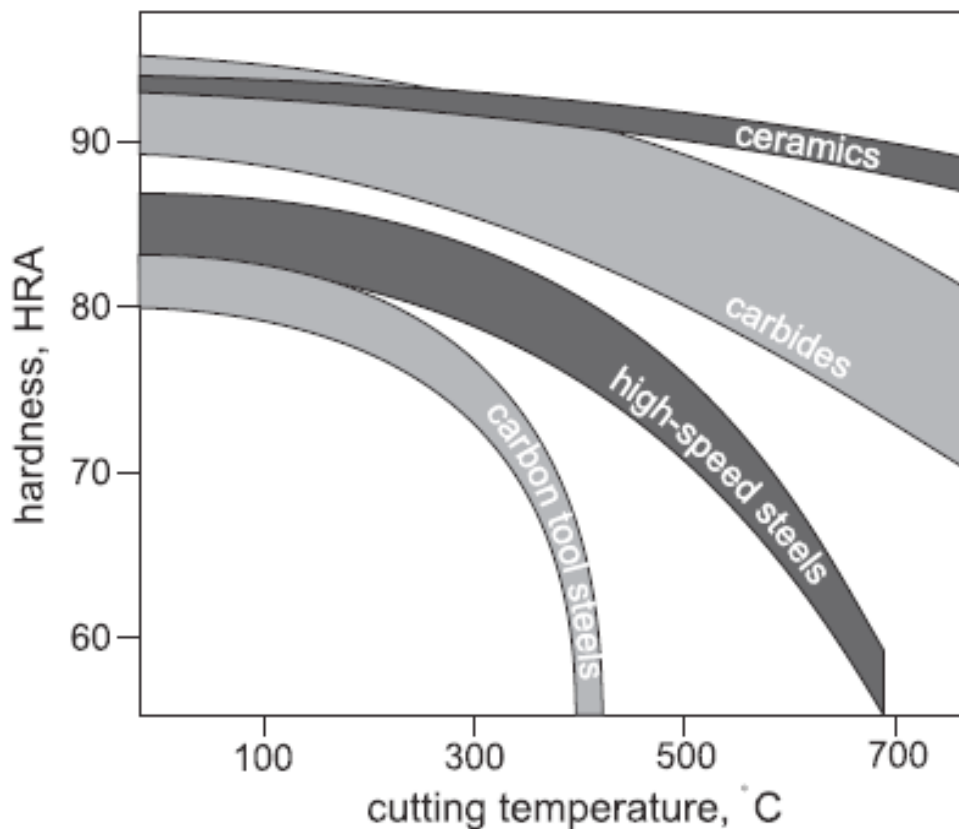


Obr. 3.2 Porovnání odolnosti proti opotřebení a houževnatosti řezných materiálů [4]

- **Tvrdost za tepla.** Je schopnost odolávat proti pronikání a poškrábání řezného materiálu za vyšších teplot řezání. Tvrdost za tepla pro různé řezné materiály je vyobrazena na obrázku 3.3. Během obrábění se téměř veškerá práce řezání přemění v teplo.

Teplo vzniklé při odebrání materiálu, je přibližně rovno práci řezného procesu. Vzniklé teplo výrazně ovlivňuje řezný proces, protože:

- ⇒ negativně působí na řezné vlastnosti nástroje,
- ⇒ ovlivňuje mechanické vlastnosti obráběného materiálu,
- ⇒ ovlivňuje petchování a zpevňování obráběného materiálu,
- ⇒ ovlivňuje podmínky tření na čele i hřbetě nástroje. [4]



Obr. 3.3 Porovnání tvrdosti za tepla řezných materiálů [12]

- **Odolnost vůči tepelnému šoku.** Vyskytuje se při frézování nebo při jiném druhu přerušovaného řezu např. soustružení nerotačních součástí. [4]
- **Tepelná roztažnost.** Tato vlastnost ovlivňuje budoucí přesnost obrobene plochy. Vysoká tepelná roztažnost může způsobit vznik mikrotrhlin, které pak značně sníží trvanlivost nástroje. [4]

- **Tepelná vodivost.** Zvláště při zvýšených řezných podmínkách může docházet v oblasti špičky nástroje ke zvýšené koncentraci tepla. Důsledkem nízké tepelné vodivosti nástrojového materiálu může dojít k rychlému plastickému opotřebení břitu nástroje, které může dosáhnout až lavinového otěru. [4]

Řezné materiály rozhodujícím způsobem ovlivňují produktivitu, výrobní náklady a kvalitu výroby. Jejich význam je charakterizován náročnými požadavky, ve kterých břit nástroje pracuje. Při obrábění bývají vystaveny intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání. To vede k otupování břitu, případně i k celkové destrukci. Řezný materiál musí mít proto větší tvrdost než materiál obráběný, aby mohl řezný klín vniknout do obráběného materiálu a odřezávat třísku. V tab. 3.1 jsou uvedeny mechanické vlastnosti jednotlivých řezných materiálů. [7]

Tab. 3.1 Mechanické vlastnosti řezných materiálů [4]

Řezný materiál	Tvrdost [HV]	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v ohybu [MPa]	Teplotní odolnost [°C]
Rychlořezná ocel	750-800	2500-3500	2000-3000	560-610
Slinutý karbid	1300-2000	4000-5600	900-2200	900-1100
Řezná keramika	2000-2800	3500-4500	450-1000	1300-1600
Kubický nitrid boru	4500	4000	600	1500
Diamant	7000	3000	300	320-720

3.2 Rozdělení řezných materiálů dle ISO

Podle normy ISO 513 z roku 2002 se obráběcí materiály dělí do 6 hlavních aplikačních skupin a každá se dále dělí na aplikační skupiny. Hlavní aplikační skupiny se dělí podle materiálů, které obrábí. Identifikačními znaky jsou písmena a barva. Výrobci řezných materiálů uspořádali pořadí podle relativního opotřebení a pevnosti. Čím je číslo nižší, tím je možné obrábět vyšší rychlostí. A naopak čím je číslo vyšší, tím rostou rychlosti posuvu a pevnost řezných materiálů. [7]

Rozdělení aplikačních skupin dle ISO 513: [7]

Skupina P (modrá barva) je určena pro obrábění materiálů tvořící dlouhou třísku, jako uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické nerezavějící oceli. Řezný proces je doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele nástroje.

Skupina M (žlutá barva) má universální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří střední a delší třísku jako jsou lité oceli, nerezavějící austenitické a austeniticko-feritické oceli a tvárné litiny. Pro svoji relativně vysokou houževnatost se SK této skupiny používají pro těžké hrubovací práce a pro přerušované řezy.

Skupina K (červená barva) je určena pro obrábění materiálů, které vytváří krátkou drobivou třísku, zejména litiny, temperovaná litina a litina s globulárním grafitem. Síly řezání jsou obvykle relativně nízké a převládá abrazivní a adhezní opotřebení. SK této skupiny nejsou vhodné pro materiály tvořící dlouhou třísku, která zatěžuje tepelně čelo nástroje.

Skupina N (zelená barva) je určena k obrábění materiálů z neželezných kovů, zejména hliníku a dalších neželezných kovů, jejich slitin a nekovových materiálů.

Skupina S (hnědá barva) používá se na obrábění tepelně odolných slitin na bázi železa, niklu a kobaltu, titanu a titanových těžce obrobitelných slitin.

Skupina H (šedá barva) je vhodná na obrábění kalených a vysoce tvrdých ocelí, tvrzených a kalených litin. Dalším velmi důležitým kritériem odolnosti materiálu vůči opotřebení je jeho tepelná odolnost.

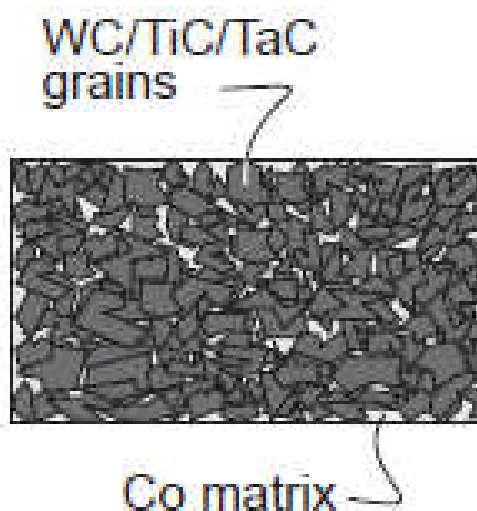
3.3 Řezné nástrojové materiály

Uhlíkové oceli. Jsou nejstarší z nástrojových materiálů. Obsah uhlíku mají 0.6-1.5% s malým množstvím křemíku, chromu, manganu. Maximální tvrdost je asi 62 HRC. Tento materiál má nízkou odolnost proti opotřebení a nízkou tvrdost za tepla. Využití těchto materiálů je v současnosti velmi omezené. [12]

Rychlořezné oceli. Vyrábějí se od 19. století. Jsou vysoce legované vanadem, kobaltem, molybdenem, wolframem. Dosahují tvrdosti 63-65 HRC. Mají vysokou houževnatost a dobrou odolnost proti opotřebení. Jsou dodnes nejpoužívanějším nástrojovým materiálem pro výstružníky a frézy na výrobu ozubení. [12]

Slinuté karbidy vyrábí se od roku 1930. Jsou dodnes nejpoužívanější nástrojové materiály pro svou tvrdost za tepla a odolnost proti opotřebení. Hlavní nevýhodou slinutých karbidů je jejich nízká houževnatost. Tyto materiály jsou vyráběny metodami práškové metalurgie, slinováním zrn z karbidu wolframu (WC), karbidu titanu (TiC) nebo karbidu tantalu (TaC) jak ukazuje obr. 3.4.

Kobaltová matrice poskytuje houževnatost. [12]



Obr. 3.4 Mikrostruktura SK [12]

Řezná keramika se skládá převážně z jemnozrnného, vysoce čistého oxidu hlinitého (Al_2O_3). K dispozici jsou dva typy řezné keramiky (za studena lisovaná čistá Al_2O_3 nebo tzv. cermety vyrobeny z 70% Al_2O_3 a 30% TiC) [12]

Kubický nitridu boru (CBN) a syntetický diamant Jak je známo diamant je nejtvrdší látka na zemi. Používá se jako povrchový materiál nebo jen ve formě jednoho krystalu diamantového nástroje (speciální aplikace). Vedle diamantu je nejtvrdším materiálem CBN. Jeho využití je hlavně pro dokončovací operace, protože je velmi křehký. [12]

3.4 Trvanlivost a životnost nástrojů

Každý nástroj se během své činnosti opotřebovává, postupně ztrácí ostrost, až do doby kdy se úplně otupí. Otupením nástroje zaniknou jeho řezné schopnosti a nástroj se musí naostřit nebo vyměnit. Práce s otupeným nástrojem je nevhodná, nebezpečná a v mnoha případech vede k poškození nástroje, obrobku, či dokonce stroje. [14]

Trvanlivost řezného nástroje lze definovat jako součet všech čistých časů řezání, od začátku obrábění, až po opotřebení břitu nástroje na předem stanovenou hodnotu vybraného kritéria. Při obrábění na čisto je kritérium opotřebení a jeho hodnota stanovena tak, aby vyráběný obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu. Při hrubování plyne kritérium opotřebení z požadavku na maximální životnost nástroje. [15]

Trvanlivost nástroje, podobně jako opotřebení nástroje, závisí zejména na metodě obrábění (soustružení, frézování, vrtání, atd.), vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách (řezná a posuvová rychlost, šířka záběru ostří, řezné prostředí). Již počátkem 20. století zjistil Frederick Winslow Taylor, že z řezných podmínek má na trvanlivost nástroje největší vliv právě řezná rychlost a odvodil základní vztah pro vzájemnou závislost těchto dvou veličin, který je u nás znám pod názvem "závislost $T-V_c$ ", (někdy též "Taylorův vztah").

Životnost nástroje je pak definována jako součet všech jeho trvanlivostí, nebo taky jako celková doba funkce nástroje od prvního uvedení do činnosti až do jeho vyřazení. Nástroje, které lze ostřit jsou vyřazeny v případě, že byla odbroušena celá jejich funkční část, vyměnitelné břitové destičky pak v případě, že byly použity všechny jejich břity. Vztah pro výpočet životnosti je uveden ve vzorci (8.26). [15]

4. Soustružnické centrum SKIQ 16 CNC

Svislé soustružnické centrum je vyobrazeno na obr. 4.1. Umožňuje především výkonné soustružení rotačních dílů s vysokou přesností (až $0,01 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$).



Obr. 4.1 Svislé soustružnické centrum SKIQ 16 CNC [5]

Mimo běžných soustružnických operací lze provádět rovinné broušení, broušení otvorů a vnitřních průměrů, soustružení kuželů, závitů, obecných ploch, osově vyvrtávání, vystružování, řezání závitů, zhotovování závitů a drážek apod. Soustružnické centrum má 3 řízené osy, řídicí systém Sinumeric 840 D, zásobník nástrojů a dopravník třísek. [5]

Tab. 4.2 Technické parametry soustružnického centra SKIQ 16 CNC [5]

Parametr		Jednotka	Hodnota
D_{\max} obrobku		mm	2000
Max. výška obrobku - H_{\max}		mm	1500
m_{\max} obrobku		t	10
D_{\max} upínací desky		mm	1600
Pojezdy smýkadla:	Zdvih	mm	1 000
	Posuv (osa X)	mm	1 020 (příp. 1 420)
Zvýšená přesnost X, Z osy		mm/m	0,01 (nástrojová sonda, dálková diagnostika)
Využitelný výkon hl. Motoru		kW	60
Rozsah plynule regulovatelných otáček		min^{-1}	2-400
Max. krouticí moment na upínací desce (M)		N·m	40 600

5. Materiál

K výrobě válců pro kalibraci se v současnosti používá výhradně litina s kuličkovým grafitem podle podnikové normy TŽ 43 5220 označována jako B10/N. Chemické složení litiny je uvedeno v tab. 5.1 Polotovar válce pro kalibraci je uveden na obrázku 5.1

Tab. 5.1 Chemické složení litiny B10/N [17]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Mg
2,6-3,6	1,2-2,4	0,4-1	Max. 0,15	Max. 0,015	Max. 0,7	1,8-5	0,2-1	Max. 1,4	0,04-0,08

Požadovaná tvrdost materiálů se odvíjí od hrubovaného poloměru R. Pro minimální hrubovaný poloměr R= 80mm je maximální tvrdost 499HB. Pro maximální hrubovaný poloměr R= 205mm je maximální tvrdost 378HB. [17]

Tepelné zpracování záleží na dodavateli válců při dosažení výše uvedených mechanických hodnot uvedených v podnikové normě pro litinové válce s označením TŽ 43 5220. [17]



Obr. 5.1 Polotovar vále

6. Popis stávajícího postupu výroby

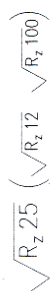
Odlitek ve tvaru válce o průměru 730mm a délce 2 000mm přichází do provozu soustružny válců, kde je předhrubován průměr s přídavkem 5mm, vnitřní průměr se předhrubuje na průměr 265mm. Poté je tento odlitek rozdělen na 5 menších válců s délkou 391 mm. Tyto menší válce (viz. Obr. 5.1) jsou následně přesunuty na provoz Mechanické dílny, kde dochází k jejich opracování podle výkresu 2-VVT-067983 (viz. Obr. 6.1) s přídavkem 5mm na plochu. Poté jsou válce poslány na tepelné zpracování. Dále se postupuje podle stávajícího technologického postupu, který je uveden v tab. 6.1.

Tab. 6.1 Stávající technologický postup výroby kalibračního válce [17]

Strojírny Třinec, a.s.		Detailní technologický postup				DTP ČÍSLO 347/09a			
Název celku		Kalibrační válec		Žádanka					
Součást		VÁLEC							
Číslo výkresu		2-VVT-067 983/a		Vypracoval: Ing. Mruzek			Schválil: Ing. Byrtus		
Výrobní příkaz		1323700546		Aktualizoval:					
Mat. obrobku	B10/N	Provoz	BM	Platnost	Trvalá	Datum		02/2009	
						Aktualizace			
Č. oper.	Pracovní místo	POPIS PRÁCE					Číslo přípravku nebo výrobní pomůcka		
BS	Soustruh	Hrubovat výchozí polotovar:vnější průměr DWR s přídavkem 10mm/ ϕ , zarovnat čela oboustranně na rozměr 391±0,3, vnitřní průměr zhotovit na rozměr ϕ 265mm. Poznámka: DWR dle typu válce, hrany pod úhlem 30° neprovádět. Značit dle schváleného náčrtu Ing.Kujawa							
019	Kontrola	Kontrola stavu a rozměru							
463.1	Karusel	Zhotovit pracovní část rádiusu R1 s přídavkem max. 5mm/pl.							

Tab. 6.1 Stávající technolog. postup výroby kalibračního válce- pokračování

Č. oper.	Pracovní místo	POPIS PRÁCE		Číslo přípravku nebo výrobní pomůcka
300	Žíhaní	Žíhaní k odstranění pnutí	Dle TEPP 1099/05	
019	Kontrola	Proměření tvrdosti na ϕ 600 a ϕ 430mm, válce s tvrdosti 45HRCa výše (ϕ 600) dále tepelně nezpracovávat . Válce s nižší tvrdostí než 45HRC kalit a 2xpopouštět dle stávajícího postupu.		
304	Zušlechťení	Kalení a popouštění		
305	Popouštění			
463.2	Soustruh	1. Upínání: Vrtat otvor hotově na ϕ 270H7 (na spodní rozměr tolerančního pole 0). Provést vnitřní osazení hotově ϕ 293x20H6. Levé čelo zhotovit hotově včetně soustružení úkosu 30° s přídavkem 2.5mm/pl. Poznámka: ϕ 270H7 soustružit s přídavkem 0,08-0,1mm/pl. a následně brousit na 270±0,01. 2. Upínání: Zarovnání čel na rozměr 385± 0,02. Provést skosení 30° s 2.5mm/pl. Poznámka: použít měkké čelisti. Poznámka: Přeznačení dle typu válce		
463.3	Gravírování	Gravírování provést na čelech dle tabulky BM.(příloha DTP 347/09a).		
019	Kontrola	Výstupní kontrola.		
315	Zahřívání	Pozvolné zahřívání na teplotu 100°C po dobu 8 hodin.		
1/901	Zámečnick	Lepení a lisování válce s pouzdem viz sestavní výkres 2-VVT-067 993/a.		
019	Kontrola	Na obou čelech značit bílou barvou označení sady. Poznámka: Značit dle přílohy v DTP347/09a. Výstupní kontrola.		



Materiál: Schmalz-Bickenbach; DUX TSG 20 Mo
G. Quedlinburg; GIG-CrNiMo 480

Tvrdość vnějšího povrchu:
max. 530HV na min. hrubovaném poloměru R80
max. 400HV na min. hrubovaném poloměru P205
(Průměrná hodnota z min. 10 měření tvrdosti)

Třísnotnost při hrubovaném poloměru R = 80μm: 775kg
Třísnotnost při hrubovaném poloměru R = 205μm: 312kg
Třísnotnost hladkého kalbru Ø420mm: 290kg

VŠECHNY NEOZNAČENÉ HRANY VZNIKLE PŘI OBRÁBĚNÍ SRAŽIT 0,3x45°

[illegible]

Obr. 6.1 Náhled výrobního výkresu 2-VVT-067983 [17]

7. Návrh nových řezných podmínek a materiálu

Pro zefektivnění výroby válců pro kalibraci se tato práce zabývá zkrácením výrobních časů na operaci č. 463.1 dle stávajícího technologického postupu, viz tab. 6.1. Předpokladem ke zkrácení výrobních času bylo nalezení vhodnějších řezných materiálů a zároveň upravit řezné podmínky tak aby byly maximálně využity tyto nově navržené řezné materiály. Pro jejich vhodné porovnání byl navržen experiment, který prověřil trvanlivost těchto nově navržených řezných materiálů.

7.1 Popis experimentu

Jelikož operace č. 463.1 je výhradně hrubovací, jedná se u této operace především o odebrání přebytečného materiálu, nikoliv o funkční plochy nebo drsnost povrchu. Proto základním předpokladem experimentu pro maximální využití VBD byla podle kritéria opotřebení hlučnost řezného procesu. Zvýšená hlučnost předchází konci řezivosti nástroje a vede často až k lomu VBD. Hlučnost posuzoval na základě zkušeností kvalifikovaný pracovník stroje. Jakmile bylo dosaženo nezvykle velké a neobvyklé hlučnosti byl řezný proces zastaven, zaznamenán čas trvanlivosti daného břitu a následně provedeno otočení řezné hrany VBD.

Pro vyloučení náhodné chyby při experimentálním stanovení trvanlivosti byl experiment 3x opakován se stejnými řeznými podmínkami.

Při hledání nových řezných materiálů a hospodárných parametrů, bylo při zkoušení nových VBD použito stejného obráběcího centra, stejných upínacích pomůcek a stejných procesních kapalin, které jsou používány v samotné výrobě.

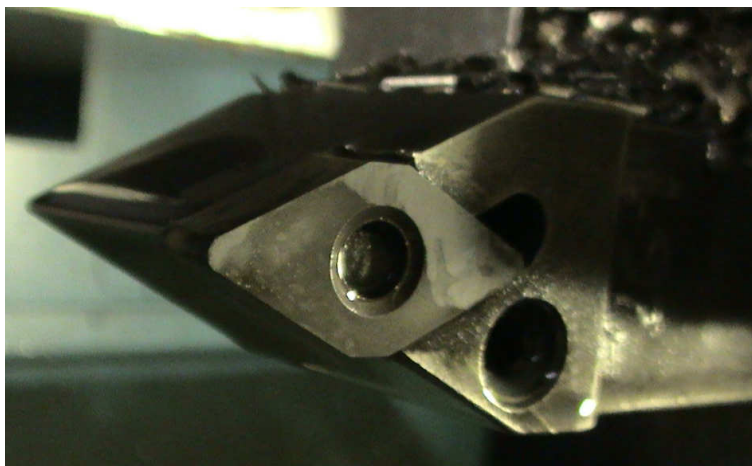
Pro uskutečnění experimentu ve firemním prostředí si firma stanovila dvě podmínky:

- **1. Podmínkou** experimentu na zkušebním válci bylo kvůli své vysoké ceně, aby při hledání vhodnějšího řezného materiálu a určení hospodárnějších řezných parametrů mohl být válec obroben dle výkresové dokumentace a umístěn do válcovací stolice jako plnohodnotný komponent (viz. Obr. 7.1).



Obr. 7.1 válec po experimentu

- **2. Podmínkou** experimentu bylo z důvodu menších nákladů na experiment použít stávající nástrojový držák s označením dle ISO PDNNR3225P15, který je na obrázku 7.2. Do tohoto držáku byly použity VBD uvedené v tab. 7.1.







*Obr. 7. 2 Nástrojový držák dle ISO označený **PDNNR3225P15**.*

Materiálem válce je tvrzený litina s kuličkovým grafitem s maximální tvrdostí 499HB. Protože jde o těžko obrobitelný materiál, je třeba použít dostatečně odolné VBD s odolností proti opotřebení.

Protože firma chce vyzkoušet řezné materiály jiných výrobců, byly po konzultaci s technologem zvoleny VBD s povlakovaného řezného materiálu. S ohledem na tyto výše uvedené skutečnosti byly testovány tři VBD od různých výrobců viz tab. 7.1.

Tab. 7.1 Řezné materiály

	Výrobce VBD	Ilustrační foto		Řezný mat.	Ozn. VBD dle ISO
Stávající	Iscar			IC 428	DNMA 150608
Nově navržené	Arno			AK 2010	DNMA 150608-EN
	Seco Tools			TK 1001	DNMA 150612
	Sandvik Coromant			GC 3205	DNMA 150612-KR

TK 1001 je povlak nanášený chemickou metodou (CVD). Je to nejvíce otěruvzdorná třída pro obrábění šedé a tvárné litiny. Též jako alternativa pro obrábění za sucha a soustružení tvrdých abrazivních materiálů. Složení: karbid titanu (TiC), nitrid titanu (TiN), oxid hlinitý (Al₂O₃). [9]

GC 3210 Karbidový povlak nanesený PVD (fyzikální) metodou skládající se ze silně nanesené vrstvy povlaku s vysokou odolností proti opotřebení a velmi tvrdého substrátu. Doporučena pro vysokorychlostní soustružení modulární litiny. [11]

7.2 Řezné podmínky

Tato kapitola se zabývá výpočtem a stanovením řezných podmínek experimentu (viz tab. 7.2). Při výpočtech se vychází z parametrů a řezných rychlostí doporučených v katalogích jednotlivých výrobců řezných materiálů.

Výpočet řezné rychlosti [6]:

$$v_c = v_{c15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vT} \cdot k_{vHB} \quad (7.1)$$

Kde:

v_c ...skutečná řezná rychlost,

v_{c15} ...tabulková řezná rychlost (doporučená výrobcí řezných nástrojů),

k_{vx} ...korekční součinitel způsobu obrábění a stav stroje

(s ohledem na stáří obráběcího centra dle [6] byl **zvolen $k_{vx}= 0,9$**),

k_{vT} ...korekční součinitel na trvanlivost bříty

(dle [6] pro trvanlivost bříty 45min byl **zvolen $k_{vT}= 0,76$**),

k_{vHB} ...korekční součinitel na tvrdost obrobku

(podle [6] pro max. tvrdost obrobku 500HB je **$k_{vHB}= 0,276$**).

Podle vzorce 7.1 je výpočet v_c pro VBD od firmy Arno:

$$v_{cA} = v_{c15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vT} \cdot k_{vHB} = 235 \cdot 0,9 \cdot 0,76 \cdot 0,276 = \underline{\underline{44,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Pozn.: pro výrobce VBD Arno je podle [8] $v_{c15}=235\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Podle vzorce 7.1 je výpočet v_c pro VBD od firmy Seco tools:

$$v_{cA} = v_{c15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vT} \cdot k_{vHB} = 250 \cdot 0,9 \cdot 0,76 \cdot 0,276 = \underline{\underline{47,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Pozn.: pro výrobce VBD Seco Tools je podle [9] $v_{c15}=250\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Podle vzorce 7.1 je výpočet v_c pro VBD od firmy Sandvik Coromant:

$$v_{cA} = v_{c15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vT} \cdot k_{vHB} = 250 \cdot 0,9 \cdot 0,76 \cdot 0,276 = \underline{\underline{47,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Pozn.: pro výrobce VBD Sandvik Coromant je podle [10] doporučovaná $v_{c15} = 375\text{--}235 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Pro výpočet řezné rychlosti **volím $v_{c15} = 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$** .

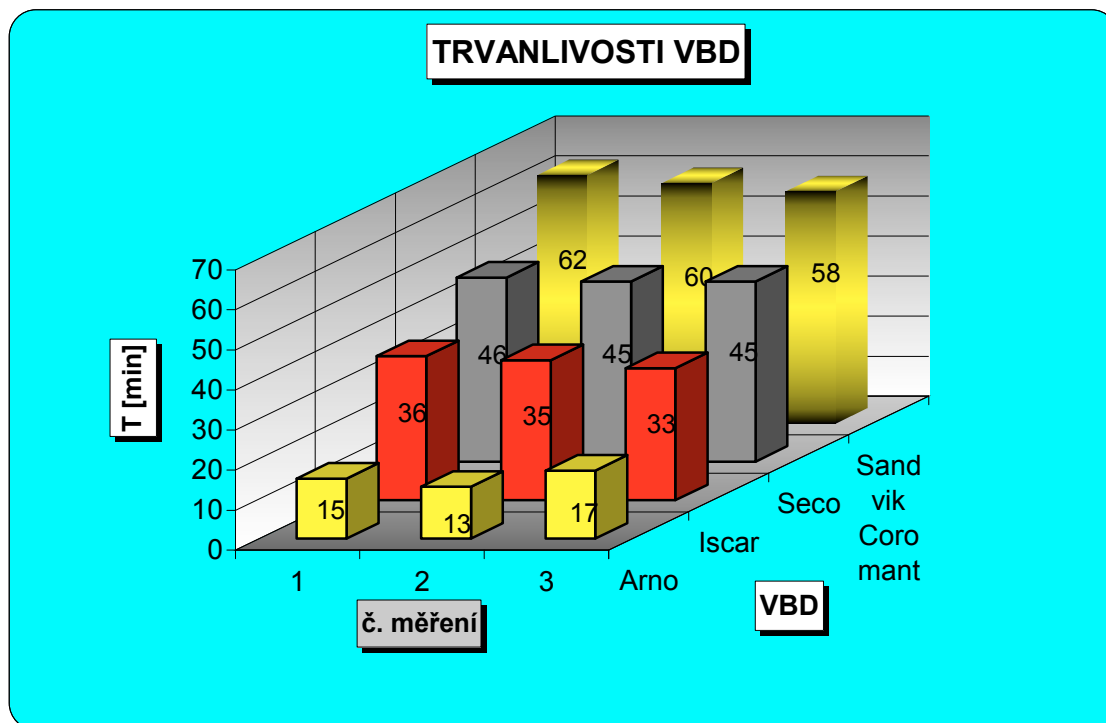
Z důvodu objektivnosti při posouzení jednotlivých řezných materiálů je nutné stanovit pro všechny řezné materiály stejnou řeznou rychlost. Po diskuzi s konzultantem a kvalifikovanou obsluhou stroje **pro experiment byly zvoleny a nastaveny řezné podmínky uvedeny v tab. 7.2.**

Tab. 7.2 Řezné podmínky experimentu

v_c [m.min ⁻¹]	47
f [mm]	0,46
a_p [mm]	3

7.3 Výsledky experimentu

Pro přehlednost jsou všechny výsledky experimentu zpracovány grafickou formou (viz tab. 7.3, obr. 7.3 a obr. 7.4).



Obr. 7.3 Grafické vyobrazení trvanlivosti jednotlivých VBD.

Experimentem bylo zjištěno, že **největší trvanlivost bříty 62min. dosáhla VBD firmy Sandvik Coromant** v 1. měření jak je vidět v tab. 7.3 nebo obr. 7.3. **Nejmenší trvanlivost bříty 13min. dosáhla VBD firmy Arno** ve 2. měření jak je rovněž vidět v tab. 7.3 a obr. 7.3).

Tab. 7.3 Tabulka stanovených trvanlivosti jednotlivých VBD

Tn [min]				
č. měření	Iscar	Arno	Seco	Sandvik Coromant
1	36	15	46	62
2	35	13	45	60
3	33	17	45	58
střední. hodnota	35	15	45	60
směrodatná odchylka	1,53	2,00	0,58	2,00

Pozn.: hnědou barvou jsou podbarveny trvanlivosti, u kterých došlo k lomu VBD.

Příklad výpočtu pro VBD Iscar:

Střední hodnota:

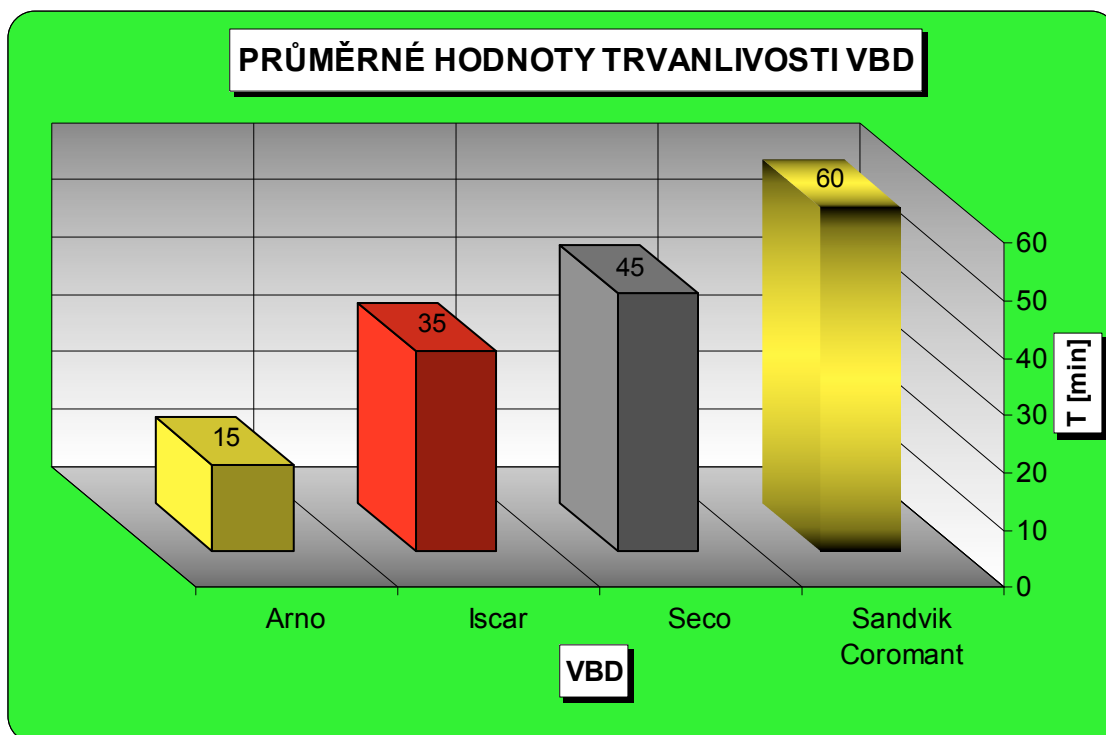
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{3} \cdot (36 + 35 + 33) = 34,6 \cong \underline{\underline{35 \text{ min}}}$$

Výběrová směrodatná odchylka:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(36-34,6)^2 + (35-34,6)^2 + (33-34,6)^2}{3-1}} = \underline{\underline{1,53 \text{ min}}}$$

Podle výše uvedeného výpočtu je **pro VDB Iscar experimentálně stanovená střední hodnota trvanlivosti (34,6 ± 1,53)min.**

Pro další posouzení trvanlivosti jsou dostačující průměrné hodnoty získané z jednotlivých měření (viz. Obr. 7.4).



Obr. 7.4 Průměrné hodnoty trvanlivosti jednotlivých VBD.

Na obr. 7.4 můžeme vidět průměrné hodnoty trvanlivosti pro jednotlivé VBD. Na první pohled je zřejmé že **nejmenší trvanlivost dosahuje VBD firmy Arno a to pouhých 15minut**. Pro operaci č. 463.1 dle tab. 6.1 se jedná o zcela nevyhovující řezný materiál, jelikož jej předčil i původně používaný řezný materiál firmy Iscar s $T = 35\text{min}$. Přijatelně se podle obr. 7.4 jeví VBD firmy Seco s trvanlivostí 45min. Nejlepších výsledků však dosahovala **VBD firmy Sandvik Coromant s nejvýše dosaženou trvanlivostí 60min**.

8. Technicko-ekonomické zhodnocení

Vhodně a správně vyhodnotit ekonomické parametry při obrábění je polovinou úspěchu pro ekonomicky fungující firmu nebo podnik. Sledují se hlavně nákladové položky vstupující do procesu obrábění a to od fixních nákladů (vytápění, pronájem budovy, osvětlení) po variabilní náklady (materiál a mzdy). V kapitolách 8.1 a 8.2 jsou rozebrány důležitá kritéria, podle kterých lze zhodnotit ekonomiku výroby. [16]

Při porovnání stávajících a nově navržených řezných materiálu a parametrů se vychází z podnikových metodik normování výkonů a operativní kalkulace nákladů. Porovnání je zpracováno na základě platných firemních norem v základních hodnotících ukazatelích.

8.1 Porovnávání norem spotřeby časů (NSČ)

NSČ se stanovují na základě podnikového normativu výkonů (PNV) pro jednotlivé pracoviště. Pro porovnání se vycházelo z hodnot podnikových norem platných pro CNC obráběcí stroje.

8.1.1 Stanovení jednotkového strojního času NSČ nového cyklu

Pro obráběcí operace je strojní čas významnou složkou, jelikož má bezprostřední vliv na čas jednotkové práce (t_{A1}), čas nepravidelné obsluhy (t_{Ax}), který se také určuje pomocí jednotkového strojního času, který se vypočte podle vzorce 8.1.

$$\begin{aligned} t_{AC} &= t_U + t_{NC} \cdot k_{SČ} \\ t_{AC} &= 30 + 210 \cdot 1,15 \\ t_{AC} &= \underline{\underline{272 \text{ min}}} \end{aligned} \tag{8.1}$$

Kde:

t_{AC} ...jednotkový strojní čas s podílem času směnového,

t_U ...čas upínání (stanoven z podnikového NSČ na $t_U = 30 \text{ min}$),

t_{NC} ...čas nového cyklu obrábění (ze simulace stanoven na $t_{NC} = 210 \text{ min}$),

$k_{SČ}$...koeficient směnového času, (pro CNC stroje je stanoven podle PN).

Úspora proti stávajícímu strojnímu času.

$$\begin{aligned}U_{tAC} &= t_{ACS} - t_{AC} \\U_{tAC} &= 451 - 272 \\U_{tAC} &= \underline{\underline{179 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.2}$$

Kde:

t_{ACS} ...stávající strojní čas, (dle NSČ s $v_c = 40,6 \text{ m} \cdot \text{min}$, $f = 0,3 \text{ mm}$ je stanoven $t_{ACS} = 451 \text{ min}$),

U_{tAC} ...úspora strojního času.

Procentuální úspora strojního času s použitím nového cyklu.

$$\begin{aligned}U_{tAC} &= \left(1 - \frac{t_{AC}}{t_{ACS}}\right) \cdot 100 \\U_{tAC} &= \left(1 - \frac{272}{451}\right) \cdot 100 \\U_{tAC} &= \underline{\underline{39,7 \%}}\end{aligned}\tag{8.3}$$

Při použití nových řezných podmínek a řezných materiálů se sníží jednotkový strojní čas přibližně o 39,7%.

8.1.2 Stanovení normy času výroby jednoho kusu

$$\begin{aligned}t_{JKN} &= \frac{t_{BC}}{VD} + t_{AC} \\t_{JKN} &= \frac{100}{9} + 272 \\t_{JKN} &= \underline{\underline{283 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.4}$$

Kde:

t_{JKN} ...nový výrobní čas jednoho kusu,

t_{BC} ...čas dávkový s podílem času směnového,

VD ...výrobní dávka.

Kontrola velikosti výrobní dávky

V závislosti na strojních a dávkových časech je třeba ověřit minimální velikost výrobní dávky podle vzorce 8.5. A to proto, aby bylo efektivně využito vedlejších časů spojených s přenastavením a samotnou výrobou jedné dávky.

$$\begin{aligned} VD_{Min} &= \frac{t_{BC}}{t_{AC} \cdot k_{pz}} \\ VD_{Min} &= \frac{100}{272 \cdot 0,07} \\ VD_{Min} &= \underline{\underline{5,3 \text{ ks}}} \end{aligned} \quad (8.5)$$

Kde:

VD_{Min} ... minimální výrobní dávka,

k_{pz} ... součinitel maximálních přípustných seřizovacích ztrát (jeho velikost pro malosériovou respektive kusovou výrobu leží v rozmezí $0,06 \div 0,1$. S ohledem na méně časté opakování výrobní dávky byl zvolen $k_{pz} = 0,07$).

Velikost minimální dávky je nižší než výrobní dávka, což vyhovuje.

Úspora času výroby jednoho kusu s použitím nového cyklu

$$\begin{aligned} U_{tJK} &= t_{JKS} - t_{JKN} \\ U_{tJK} &= 470 - 283 \\ U_{tJK} &= \underline{\underline{187 \text{ min}}} \end{aligned} \quad (8.6)$$

Kde:

t_{JKS} ... stávající výrobní čas jednoho kusu (stanoven z podnikových norem spotřeby času $t_{JKS} = 470 \text{ min.}$),

t_{JKN} ... nový výrobní čas jednoho kusu,

U_{tJK} ... úspora času výroby jednoho kusu.

8.1.3 Stanovení norem času pro výrobní dávku

$$\begin{aligned}t_{VDN} &= \frac{t_{JKN}}{60} \cdot VD \\t_{VDN} &= \frac{283}{60} \cdot 9 \\t_{VDN} &= \underline{\underline{42,5 \text{ hod}}}\end{aligned}\tag{8.8}$$

Úspora času výrobní dávky proti stávajícímu cyklu.

$$\begin{aligned}U_{tVD} &= t_{VDS} - t_{VDN} \\U_{tVD} &= 70,5 - 42,5 \\U_{tVD} &= \underline{\underline{28 \text{ hod}}}\end{aligned}\tag{8.9}$$

Kde:

t_{VDS} ...stávající výrobní čas jedné výrobní dávky (stanoven z podnikových norem spotřeby času na 70,5hod.),

t_{VDN} ...nový výrobní čas jedné výrobní dávky,

U_{tVD} ...úspora času výroby jedné výrobní dávky.

Procentuální úspora času výroby výrobní dávky s použitím nového cyklu.

$$\begin{aligned}U_{tVD} &= \left(1 - \frac{t_{VDN}}{t_{VDS}}\right) \cdot 100 \\U_{tVD} &= \left(1 - \frac{42,5}{70,5}\right) \cdot 100 \\U_{tVD} &= \underline{\underline{39,7 \%}}\end{aligned}\tag{8.10}$$

Při použití nových řezných podmínek a řezných materiálů se sníží čas výroby jedné dávky přibližně o 40%.

8.1.4 Stanovení normy roční spotřeby času

Stávající NSČ:

$$\begin{aligned}t_{RVS} &= t_{VDS} \cdot PD \\t_{RVS} &= 70,5 \cdot 4 \\t_{RVS} &= \underline{\underline{282 \text{ hod}}}\end{aligned}\tag{8.11}$$

Nové (navržené) NSČ:

$$\begin{aligned}t_{RVN} &= t_{VDN} \cdot PD \\t_{RVN} &= 42,5 \cdot 4 \\t_{RVN} &= \underline{\underline{170 \text{ hod}}}\end{aligned}\tag{8.12}$$

Kde:

t_{RVS} ...stávající výrobní čas jedné roční série,

t_{RVN} ...nový výrobní čas jedné roční série,

PD ...počet výrobních dávek za rok (podle technického zadání **4 výrobní dávky za rok**).

Roční úspora NSČ

$$\begin{aligned}U_{iR} &= t_{RVS} - t_{RVN} \\U_{iR} &= 282 - 170 \\U_{iR} &= \underline{\underline{112 \text{ hod}}}\end{aligned}\tag{8.13}$$

Procentuální úspora času pro roční NSČ s použitím nového cyklu.

$$\begin{aligned}U_R &= \left(1 - \frac{t_{RVN}}{t_{RVS}}\right) \cdot 100 \\U_R &= \left(1 - \frac{170}{282}\right) \cdot 100 \\U_R &= \underline{\underline{39,7 \%}}\end{aligned}\tag{8.14}$$

Kde:

U_{iR} ...úspora času výroby roční výrobní dávky,

U_R ...procentuální roční úspora.

Shrnutí NSČ:

Při zavedení nových řezných podmínek a řezných materiálů se **NSČ sníží přibližně o 40%** a to:

norma strojního času se sníží o 179min na $t_{AC} = 272\text{min}$,

norma výroby jednoho kusu se sníží o 187min na $t_{JKN} = 283\text{min}$,

norma výroby jedné dávky se sníží o 28hod na $t_{VDN} = 42,5\text{hod}$,

norma roční spotřeby času se sníží o 112hod na $t_{RV} = 170\text{hod}$.

8.2 Porovnání operativních kalkulací výroby (OKV)

Pomocí OKV se stanovují výrobní náklady na (zakázku, výrobek, díl, položku, operaci, atd.).

Hodinové sazby výroby

Hodinové sazby pracoviště určuje tab 8.1 z podnikových výkonových norem.

Tab. 8.1 Hodinová sazba pracoviště [17]

Náklady	Hodinová sazba [Kč·hod⁻¹]
SKIQ 16	1190,4
Režijní	1064,5
Mzda dělníka	125
Celkem	2381
Z toho zisk (5%)	119
Výrobní sazba	2500

8.2.1 Náklady na výrobu jednoho kusu

Do těchto nákladů se nezapočítává zisk, neboť ten tvoří přidanou hodnotu a nespadá do nákladu. Samotné náklady tak činí 2381Kč.

Stávající náklady:

$$\begin{aligned}N_{JKS} &= \frac{t_{JKS}}{60} \cdot N_V \\N_{JKS} &= \frac{470}{60} \cdot 2381 \\N_{JKS} &= \underline{\underline{18651 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.15}$$

Nové náklady (na základě nově navrženého obráběcího cyklu):

$$\begin{aligned}N_{JKN} &= \frac{t_{JKN}}{60} \cdot N_V \\N_{JKN} &= \frac{283}{60} \cdot 2381 \\N_{JKN} &= \underline{\underline{11230 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.16}$$

Kde:

N_{JKS} ...stávající náklady na výrobu jednoho kusu,

N_{JKN} ...nové náklady na výrobu jednoho kusu,

N_V ...hodinové výrobní náklady.

Úspora nákladů na výrobu jednoho kusu.

$$\begin{aligned}U_{NJK} &= N_{JKS} - N_{JKN} \\U_{NJK} &= 18651 - 11230 \\U_{NJK} &= \underline{\underline{7421 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.17}$$

Kde:

U_{NJK} ...úspora nákladů na výrobu jednoho kusu.

8.2.2 Náklady na výrobní dávku

Stávající náklady:

$$\begin{aligned}N_{VDS} &= N_{JKS} \cdot VD \\N_{VDS} &= 18651 \cdot 9 \\N_{VDS} &= \underline{\underline{167859 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.18}$$

Nové náklady na výrobní dávku:

$$\begin{aligned}N_{VDN} &= N_{JKN} \cdot VD \\N_{VDN} &= 11230 \cdot 9 \\N_{VDN} &= \underline{\underline{101070 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.19}$$

Kde:

N_{VDS} ...stávající náklady na výrobu jedné VD,

N_{VDN} ...nové náklady na výrobu jedné VD.

Úspora nákladů na výrobu jedné VD.

$$\begin{aligned}U_{NVD} &= N_{VDS} - N_{VDN} \\U_{NVD} &= 167859 - 101070 \\U_{NVD} &= \underline{\underline{66789 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.20}$$

Kde:

U_{NVD} ...úspora nákladů na výrobu VD.

8.2.3 Náklady na roční výrobu

Stávající roční náklady:

$$\begin{aligned}N_{RVS} &= N_{VDS} \cdot PD \\N_{RVS} &= 167859 \cdot 4 \\N_{RVS} &= \underline{\underline{671436 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.21}$$

Nové roční náklady:

$$\begin{aligned}N_{RVN} &= N_{VDN} \cdot PD \\N_{RVN} &= 101070 \cdot 4 \\N_{RVN} &= \underline{\underline{404280 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.22}$$

Kde:

N_{RVS} ...stávající roční náklady na výrobu válců,

N_{RVN} ...nové roční náklady na výrobu válců.

Úspora ročních nákladů na výrobu válců.

$$\begin{aligned}U_{NRV} &= N_{RVS} - N_{RVN} \\U_{NRV} &= 671436 - 404280 \\U_{NRV} &= \underline{\underline{267156 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.23}$$

Kde:

U_{NRV} ...úspora ročních nákladů na výrobu válců,

U_{Np} ... roční úspora nadprodukce,

N_{Sroj} ... strojní výrobní náklady.

8.2.4 Nadprodukce

$$\begin{aligned}U_{Np} &= U_{tR} \cdot N_{Stroj} \\U_{Np} &= 112 \cdot 2500 \\U_{Np} &= \underline{\underline{180000 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.24}$$

8.2.5 Náklady na jeden kilogram

V některých podnicích se stále používá výraz náklady na jeden kilogram. Je to hodnota udávající cenu jednoho kilogramu výrobku. Vypočítá se z poměru všech nákladů na výrobu jednoho kusu a čisté hmotnosti výrobku. Následující výpočet udává pouze úsporu nákladů na kg obrobku.

Úspora nákladů na jeden kg válce.

$$\begin{aligned}U_{Nkg} &= \frac{U_{NJK}}{m} \\U_{Nkg} &= \frac{7421}{775} \\U_{Nkg} &= \underline{\underline{9,58 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.25}$$

Kde:

U_{Nkg} ...úspora nákladů na jeden kilogram válce,

m ...čistá hmotnost výrobku,

Náklady na jeden kilogram výrobku se snížily o 9,58Kč.

8.3 Náklady na nástroje

Náklady na nástroje jsou důležitým faktorem, který je třeba držet v jistých rozumných mezích. Zbytečně nástroj neměnit, tzn. nástroj je ještě schopen určitý čas vhodně pracovat. Nebo naopak nástroj vystavovat riziku nadměrného opotřebení, tzn. deformaci nebo dokonce lomu. Uvedeny jsou vztahy pro porovnání nákladů vynaložených na nástroje pro nové a stávající řezné materiály.

Roční náklady na stávající nástroje firmy Iscar:

Životnost nástroje:

$$\begin{aligned}\check{Z}_{Iscar} &= q \cdot T_{Iscar} \\ \check{Z}_{Iscar} &= 4 \cdot 35 \\ \check{Z}_{Iscar} &= \underline{\underline{140 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.26}$$

Kde:

q ...počet použitelných ostří VBD,

\check{Z}_{Iscar} ...životnost VBD firmy Iscar,

T_{Iscar} ...trvanlivost řezného materiálu firmy Iscar (viz tab. 7.3).

Pak roční náklady jsou:

$$\begin{aligned}N_{Iscar} &= \frac{t_{PS}}{\check{Z}_{Iscar}} \cdot Q \cdot C_{Iscar} \\ N_{Iscar} &= \frac{418}{140} \cdot 36 \cdot 211,2 \\ N_{Iscar} &= \underline{\underline{22701 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.27}$$

Kde:

t_{PS} ... čas práce nástroje Iscar při stávajících podmínkách (ze stávající simulace obrábění $t_{ps} = 418 \text{ min}$),

N_{Iscar} ...roční náklady na nástroje firmy Iscar,

Q ...roční objem výroby válců (4 výrobní dávky po 9ks),

C_{Iscar} ...cena stávající VBD firmy Iscar.

Roční náklady na nově navržené VBD firmy Arno:

Životnost nástroje:

$$\begin{aligned}\check{Z}_{Arno} &= q \cdot T_{Arno} \\ \check{Z}_{Arno} &= 4 \cdot 15 \\ \check{Z}_{Arno} &= \underline{\underline{60 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.28}$$

Kde:

\check{Z}_{Arno} ...životnost VBD firmy Arno,

T_{Arno} ...trvanlivost řezného materiálu firmy Arno (viz. Tab. 7.3).

Pak roční náklady jsou:

$$\begin{aligned}N_{Arno} &= \frac{t_{PN}}{\check{Z}_{Seco}} \cdot Q \cdot C_{Arno} \\ N_{Arno} &= \frac{158}{60} \cdot 36 \cdot 218,4 \\ N_{Arno} &= \underline{\underline{20704 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.29}$$

Kde:

t_{PN} ... čas práce nástroje při nově navržených řezných podmínkách
(ze simulace obrábění $t_{PN}=158\text{min}$),

N_{Arno} ...roční náklady na nástroje firmy Arno,

C_{Arno} ...cena VBD firmy Arno.

Úspora ročních nákladů na nástroje Arno.

$$\begin{aligned}U_{Arno.} &= N_{Iscar} - N_{Arno.} \\ U_{Arno.} &= 22701 - 20704 \\ U_{Arno.} &= \underline{\underline{1997 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.30}$$

Kde:

U_{Arno} ... roční úspora na nástrojích od firmy Arno.

Roční náklady na nově navržené VBD firmy Seco:

Životnost nástroje:

$$\begin{aligned}\check{Z}_{Seco} &= q \cdot T_{Seco} \\ \check{Z}_{Seco} &= 4 \cdot 45 \\ \check{Z}_{Seco} &= \underline{\underline{180 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.31}$$

Kde:

q ...počet použitelných ostří VBD,

\check{Z}_{Seco} ...životnost VBD firmy Seco,

T_{Seco} ...trvanlivost řezného materiálu firmy Seco (viz. Tab. 7.3).

Pak roční náklady jsou:

$$\begin{aligned}N_{Seco} &= \frac{t_{PN}}{\check{Z}_{Seco}} \cdot Q \cdot C_{Seco} \\ N_{Seco} &= \frac{158}{180} \cdot 36 \cdot 282,5 \\ N_{Seco} &= \underline{\underline{8927 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.32}$$

Kde:

t_{PN} ... čas práce nástroje při nově navržených řezných podmínkách
(ze simulace obrábění $t_{PN}= 158\text{min}$),

N_{Seco} ...roční náklady na nástroje firmy Seco,

C_{Seco} ...cena VBD firmy Seco.

Úspora ročních nákladů na nástroje Seco.

$$\begin{aligned}U_{Seco.} &= N_{Iscar} - N_{Seco.} \\ U_{Seco.} &= 22701 - 8927 \\ U_{Seco.} &= \underline{\underline{13774 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.33}$$

Kde:

U_{Seco} ... roční úspora na nástrojích od firmy Seco.

Roční náklady na nově navržené VBD firmy Sandvik Coromant:

Životnost nástroje:

$$\begin{aligned}\check{Z}_{Sandvik} &= q \cdot T_{Sandvik} \\ \check{Z}_{Sandvik} &= 4 \cdot 60 \\ \check{Z}_{Sandvik} &= \underline{\underline{240 \text{ min}}}\end{aligned}\tag{8.34}$$

Kde:

q ...počet použitelných ostří VBD,

$\check{Z}_{Sandvik}$...životnost VBD firmy Sandvik,

$T_{Sandvik}$...trvanlivost řezného materiálu firmy Sandvik (viz. Tab. 7.3).

Pak roční náklady jsou:

$$\begin{aligned}N_{Sandvik} &= \frac{t_{PN}}{\check{Z}_{Sandvik}} \cdot Q \cdot C_{Sandvik} \\ N_{Sandvik} &= \frac{158}{240} \cdot 36 \cdot 317,5 \\ N_{Sandvik} &= \underline{\underline{7525 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.35}$$

Kde:

t_{PN} ... čas práce nástroje při nově navržených řezných podmínkách
(ze simulace obrábění $t_{PN}= 158\text{min}$),

$N_{Sandvik}$...roční náklady na nástroje firmy Sandvik,

$C_{Sandvik}$...cena VBD firmy Sandvik.

Úspora ročních nákladů na nástroje Sandvik Coromant.

$$\begin{aligned}U_{Sandvik.} &= N_{Iscar} - N_{Sandvik.} \\ U_{Sandvik.} &= 22701 - 7525 \\ U_{Sandvik.} &= \underline{\underline{15176 \text{ Kč}}}\end{aligned}\tag{8.36}$$

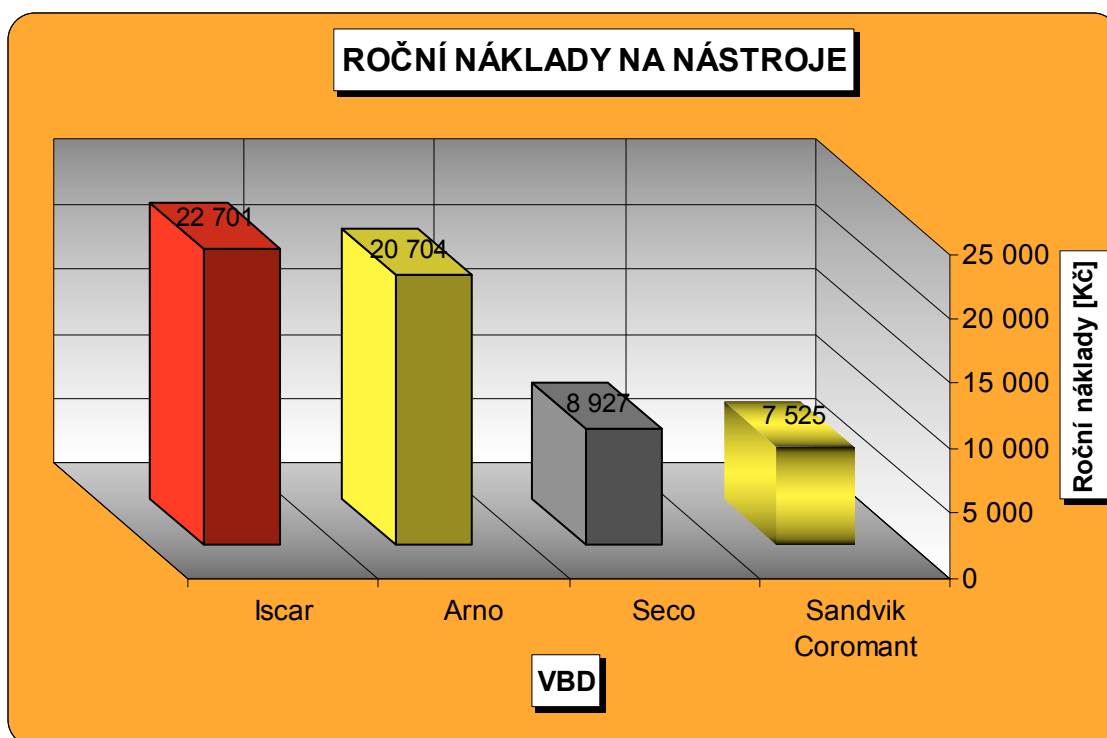
Kde:

$U_{Sandvik}$... roční úspora na nástrojích od firmy Sandvik.

Shrnutí Nákladů:

Při zavedení nových řezných podmínek a řezných materiálů se **náklady** stejně jako u NSČ **sníží o přibližně 40%** a to takto:

- Náklady na jeden kus se sníží o 7 421Kč na $N_{JKN} = 11\,230\text{Kč}$.
- Náklady na výrobní dávku se sníží o 66 789Kč na $N_{VDN} = 101\,070\text{Kč}$.
- Roční náklady na výrobu válců se sníží o 267 156Kč na $N_{RVN} = 404\,280\text{Kč}$.
- Roční náklady na nástroje od firmy Arno se sníží oproti stávajícímu dodavateli Iscar o 1997Kč na $N_{Arno} = 20\,704\text{Kč}$ (viz. Obr. 8.1).
- Roční náklady na nástroje od firmy Seco se sníží oproti stávajícímu dodavateli Iscar o 13 774Kč na $N_{Seco} = 8\,927\text{Kč}$ (viz. Obr. 8.1).
- Roční náklady na nástroje od firmy Sandvik Coromant se sníží oproti stávajícímu dodavateli Iscar o 15 176Kč na $N_{Sandvik} = 7\,525\text{Kč}$ (viz. Obr. 8.1).



Obr. 8.1 Roční náklady na jednotlivé řezné materiály

8.4 Vyhodnocení základních ekonomických ukazatelů

Vyhodnocení je realizováno formou tab. 8.2, která je rozdělena na dva základní ukazatele a to na ukazatele času a nákladů. V této tabulce jsou snadno patrné jak úspory, tak jednotlivé snížení času a nákladů pro výrobu daných válců.

Tab. 8.2 Základní ukazatele ekonomického hodnocení

Snížení časů	Stávající	Navržená		Úspora
Jednotkový čas [min]	451	272		199
Výroba jednoho kusu [min]	470	283		187
Výroba dávky [hod]	70,5	42,5		28
Roční výroba [hod]	282	170		112
Snížení nákladů	Stávající	Navržená		Úspora
Výroba jednoho kusu [Kč]	18 651	11 230		7 421
Výroba dávky [Kč]	167 859	101 070		66 789
Roční výroba [Kč]	671 436	404 280		267 156
Nadprodukce [Kč]	-	-		280000
Na 1 kg obrobku [Kč·kg]	-	-		9,58
Na nástroje za rok [Kč]	22 701	Arno	20 704	1 997
		Seco	8 927	13 774
		Sandvik Coromant	7 525	15 176

9. Závěr a diskuze výsledků

Cílem této diplomové práce bylo zefektivnit výrobu válců určených pro kalibraci. Pro operaci 463.1 dle stávajícího technologického postupu (viz. Tab. 6.1) byly navrženy nové řezné materiály spolu s novými řeznými podmínkami. Jelikož se firma Strojírny Třinec, a.s. rozhodla použít řezných materiálů jiných výrobců, byli spolu s technologem firmy vybráni tři výrobci, kteří jsou zastoupeny použitými VBD viz Tab. 7.1.

Na základě experimentálně naměřených hodnot bylo zjištěno, že podle obr. 7.3 kde hodnoty trvanlivosti pro jednotlivé VBD. **Nejmenší trvanlivost dosahuje VBD firmy Arno a to pouhých 15minut.** Původně používaný řezný materiál firmy Iscar dosahoval trvanlivosti 35minut. Na pomyslném druhém místě v žebříčku trvanlivosti byla VBD firmy Seco s trvanlivostí 45minut. **Nejlepších výsledků dosahovala VBD firmy Sandvik Coromant 60min.**

Z hlediska trvanlivosti bříty nástroje bych doporučil VBD Sandvik Coromant. Tato destička prokázala nejdelší trvanlivost při řezných podmínkách (řezná rychlost $v_c = 47 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, posuvu $f = 0,46 \text{ mm}$ a hloubce řezu $a_p = 3 \text{ mm}$). Ve srovnání se stávajícím řezným materiálem byla trvanlivost VBD Sandvik Coromant přibližně o 71% větší než u stávající VBD Iscar.

Z ekonomického hlediska **použitím stávajících řezných podmínek a materiálů od firmy iscar při roční výrobní dávce 36ks vznikne jen na nákladech přibližně škoda 290 000Kč. S použitím řezných materiálu firmy Sandvik Coromant a řeznými podmínkami v Tab. 7.2 za ušetřený čas 112 hodin za rok při výrobní sazbě $2\,500 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$ vyráběl stroj jiný obrobek.** Připočteme-li jej k zmiňovaným ušlým nákladům tak se **dostaneme k ušlému zisku přibližně 570 000Kč ročně.** Podrobný výčet s ekonomickými ukazateli je uveden v tab. 8.2.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. J. Kratochvílovi, Ph.D. z katedry obrábění a montáže VŠB-TU Ostrava za podněty k řešení práce. Dále také děkuji Ing. M. Čmielovi za poskytnutí cenných rad při experimentálním měření a firmě Strojírny Třinec, a.s. za umožnění experimentu v jejich podmínkách.

V Ostravě, dne 20. 5. 2012

Bc. Daniel Skokan

10. Použité zdroje

- [1] Historie společnosti. STROJÍRNY TŘINEC, a.s. *Strojírny Třinec* [online]. ©2012 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z:
<http://www.stojirnytrinec.cz/cz/index.php?page=history>
- [2] O naší společnosti. STROJÍRNY TŘINEC, a.s. *Strojírny Třinec* [online]. ©2012 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z:
http://www.stojirnytrinec.cz/cz/index.php?page=o_firme
- [3] PROFIL SPOLEČNOSTI TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. – MORAVIA STEEL a.s. *Trz: katalogy se stažení* [online]. březen 2010 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z:
[http://www.trz.cz/TRZ/Prilohy.nsf/%28viewPublic%29/KATALOG/\\$FILE/Profil_2010.pdf](http://www.trz.cz/TRZ/Prilohy.nsf/%28viewPublic%29/KATALOG/$FILE/Profil_2010.pdf)
- [4] Keramika. *Ateam.zcu* [online]. prosinec 2006 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: <http://www.ateam.zcu.cz/keramika.pdf>
- [5] Svislé soustružnické centrum SKIQ 16 CNC. *Strojírny Třinec: leták-karusel* [online]. ©2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z:
<http://www.stojirnytrinec.cz/pdf/prospekty/letak-karusel.pdf>
- [6] Pramet Tools, s.r.o. Šumperk. *SOUSTRUŽENÍ/SÚSTRUŽENIE*. 2009. 324 s.
- [7] BRYCHTA, JOSEF, ROBERT ČEP, JANA NOVÁKOVÁ a LENKA PETŘKOVSKÁ. VŠB - TU OSTRAVA. *Technologie II*. 1. díl. Ostrava, 2007. [cit. 2012-04-17]. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [8] Turning-and-threading. ARNO. *Pdf.directindustry.com* [online]. ©2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: [8]
<http://pdf.directindustry.com/pdf/arno/turning-and-threading/17568-48727.html>
- [9] CZ_Turning_Catalog_2009_Inlay. *Secotools.com: Service_Support* [online]. 2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z:
http://www.secotools.com/CorpWeb/Service_Support/machining_navigator/2009/CZ/CZ_Turning_Catalog_2009_Inlay.pdf

- [10] BRYCHTA, JOSEF, ROBERT ČEP, JANA NOVÁKOVÁ a LENKA PETŘKOVSKÁ. VŠB - TU OSTRAVA. *Technologie II*. 2. díl. Ostrava, 2008. [cit. 2012-04-17]. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [11] Technická příručka. *Coromant.sandvik.com: downloads* [online]. 10.srpna 2009, 27.ledna 2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/cze/MTG_A.pdf
- [12] Manufacturing Technology: CUTTING TOOL MATERIALS. MARINOV. *Http://me.emu.edu.tr* [online]. 2.října 2000, 27.ledna 2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://me.emu.edu.tr/me364/ME364_cutting_materials.pdf
- [13] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINCIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. [cit. 2012-04-17]. ISBN 80–7099–995–0.
- [14] ROČEK, Vladimír. *Příručka obrábění*. 1.vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1973. 227 s. [cit. 2012-04-17]
- [15] HUMÁR, A. *Technologie i technologie obrábění: 1. část*. Brno: VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 138 s. [cit. 2012-04-17] Studijní opory pro magisterskou formu studia "Strojírenská technologie".
- [16] KRATOCHVÍL, J. *Racionalizace obrábění řetězových a cévových kol s využitím CNC obráběcích strojů v podmínkách OKD, BASTRO, a.s.* Ostrava, 2003. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní. Katedra (346) obrábění a montáže. Vedoucí práce Adamec Jaromír. [cit. 2012-04-17]
- [17] Vnitropodnikové materiály firmy Strojírny Třinec, a.s. [cit. 2012-04-17]